Arnaldoa 23 (1): 247 - 270, 2016
ISSN: 1815-8242 (edición impresa)
ISSN: 2413-3299 (online edition)

Rendimiento en grano de cinco cultivares de "ñuña" *Phaseolus vulgaris* L. (Fabaceae) por la fijación biológica de nitrógeno atmosférico con *Rhizobium phaseoli*

Performance of "ñuña" seeds *Phaseolus vulgaris* L. (Fabaceae) due to the biological fixation of atmospheric nitrogen with *Rhizobium phaseoli*



María del Rosario L. Cuadros Negri
Hospital San José Policía Nacional del Perú, Jirón Yungay 526-A, Magdalena Lima Perú
Charicuadrosn@hotmail.com
José Gómez Carrión
Museo de Historia Natural, Universidad Nacional Mayor de San Marcos Lima Perú
jgomezc@unmsm edu.pe

Recibido: 02 - 01 - 2016, aceptado 28 - 02 -2016; publicado junio 2016

Resumen

El "frijol" *Phaseolus vulgaris* L. (Fabaceae) es una de las especies más importantes del Perú y del mundo para la alimentación humana, y como un mejorador del suelo; por fijar nitrógeno atmosférico por la simbiosis del "frijol" *Rhizobium phaseoli*. Esto permite el ahorro en fertilizantes químicos, para el agricultor. El presente trabajo de investigación se realizó en un campo experimental de la ciudad de Lima (Perú), desde setiembre 2012 a junio del 2013, con el objeto de evaluar la influencia en el rendimiento de cinco cultivares genéticos de frijol" ñuña" *P. vulgaris* L. en la producción de granos en simbiosis con *R. phaseoli* y seleccionar entre los cultivares la "ñuña" de mayor rendimiento en grano y que exprese mayor compatibilidad en la simbiosis. El diseño experimental utilizado fue el Bloque Completo Randomizado (BCR) con 15 tratamientos (con inoculación con *Rhizobium*, los testigos: sin inoculación y con fertilizante N.P.K.), 05 cultivares de frijol "ñuña" y tres repeticiones. Se evaluaron factores de: nodulación y fijación biológica de nitrógeno (FBN), y de rendimiento, que se analizaron empleando el software estadístico SPSS. Se determinó que existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos y efectuando la prueba de comparación de medias de Tukey al 5 % resultó que los tratamientos con inoculación y fertilizados con urea no difieren entre sí. Al evaluar los factores de Nodulación y fijación de nitrógeno en cuanto al número de días a la aparición de los nódulos en cultivares inoculados, el cultivar N°3 "Huevo de Pava" sobresalió con una media de 74.78 días y además el cultivar N°1 presentó mejor performance para el tamaño, número y peso de los nódulos. Para el factor rendimiento en grano prevaleció el inoculado, destacando el cultivar N°1con media 5,148 kg/ht Se concluye que la "Ñuña Azulita" tuvo el mayor rendimiento en grano y compatibilidad en la simbiosis con *R. phaseoli*. FBN a través de la simbiosis incrementó los parámetros de rendimiento y puede reemplazar a la fertilización con urea, sin dañar la ecología y es de menor costo.

Palabras clave: Cultivar, fertilizante biológico, "frijol", "ñuña", rizobio.

Abstract

The bean *Phaseolus vulgaris* L. (Fabaceae) is one of the most important species in Peru and the world for human nourishment. It also improves the ground because it fixes atmospheric nitrogen in symbiosis with *Rhizobium phaseoli* .It allows saving fertilizer, economical upside for farmers. This research has been carried out in a trial field located in Lima (Peru), from September 2012 to June 2013. The objectives were to evaluate the "ñuña" bean's cultivar performance (*P. vulgaris* L.) within the production of seeds in symbiosis with *R. phaseoli* and to select the cultivar the most high performing and which expresses the greatest compatibility in symbiosis. The experimental methodology was the Randomized Complete Block Design (RCB) in 15 treatments (with *Rhizobium* inoculation, the witnesses: without inoculation and with fertilizer N.P.K.), 05 "ñuña" bean's cultivars and three essays. The following factors have been evaluated: earliness, nodulation and nitrogen fixation (FBN) and performance; which were analyzed in the statistical software, SPSS. There are significant statistical differences between treatments. In the Tukey's average comparison test at 5 % turned out that treatments with inoculation and fertilized with urea do not differ. When evaluating the earliness factors in days, the cultivar N°1 "azulita" had the best performance (at flower's stems appearance, at blooming, at physiological maturity and harvest). What is more, cultivar N° 3 also had the lowest number of days and nodule appearance (74.78 days) in inoculated cultivars tests. The cultivar N°1 presented the best size, nodule number and weight performance. The inoculated cultivar showed the highest performance, especially the N°1 (5,148 kg/ht). As a conclusion, the "ñuña Azulita" had the best performance in grain and it had the greatest compatibility in symbiosis with *R. phaseoli*. Besides, the biological fixation of nitrogen (FBN) through symbiosis can replace the fertilization with urea, because it is less expensive and does not affect negatively the ecological system.

Keywords: Cultivar, biological fertilizer, bean, "ñuña", rizobio,

Introducción

El "frijol" "Ñuña" son variedades genéticas de *Phaseolus vulgaris* L. y constituye una fuente de carbohidratos y proteínas, vitaminas, minerales, fibra alimenticia que es de uso para la alimentación nutricional en especial del humano. La "ñuña" desempeña un rol fundamental en la alimentación humana, es una menestra que por su sabor, contenido de proteínas, vitaminas, minerales, fibra alimenticia y su diferente forma de consumo, contribuye a una dieta variada y rica, perfectamente balanceada que satisface sus necesidades nutricionales del hombre (Ulloa *et al*., 2011).

El análisis bromatológico determina que 100 g de porción comestible contiene:

Humedad 11%, Proteína 22,1 mg, Lisina 1593 mg, Methionina 234 mg, Cisteína 188 mg, Triptófano 223 mg, total aminoácidos esenciales 8457 mg, total aminoácidos 20043 mg (INIA, 2009).

En tal sentido, por su valor alimenticio es conveniente mejorar su rendimiento por unidad de superficie. La "ñuña" requiere de nitrógeno para la síntesis de proteínas y clorofilas y para ello, vive en simbiosis con bacterias denominadas "rizobio" *R. phaseoli*, los cuales tienen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico a nivel de los nódulos, luego de procesarlo lo transfieren a la planta "ñuña" contribuyendo en su crecimiento vegetativo, buen desarrollo y formación de granos.

La reserva de nitrógeno en la naturaleza se encuentra al 70 por ciento, aunque las plantas solo lo absorben y asimilan como amonio y/o nitratos de ahí la necesidad de la simbiosis o de lo contrario utilizar fertilizantes químicos que se encuentran en el mercado con diferentes nombres comerciales los que tienen un alto costo, una acción desgastadora del suelo y contaminación del ambiente. (Carrera *et al.*, 2004). En busca de alternativas de solución para que se reduzca el uso de fertilizantes químicos y se mantenga el rendimiento del cultivo, utilizamos la fijación biológica del nitrógeno a través de la inoculación del "rizobio" en las semillas de la "ñuña".

Una característica de las leguminosas es su capacidad de formar simbiosis con bacteria fijadoras de nitrógeno, destacando entre ellas los géneros *Rhizobium* y *Bradyrizobium* (Mohr & Schopfer, 1995). Sin embargo, dentro de las leguminosas de grano, el "frejol" es uno de los cultivos menos eficiente para fijar nitrógeno, por eso a fin de mantener su demanda de nutrientes, es indispensable fertilizarlo adicionalmente con nitrógeno mineral (Urzúa *et al.*, 1992).

Sin embargo, es importante considerar que la cantidad de nitrógeno fijado por los "fríjoles" es muy diversa; depende de la variedad, de la eficiencia fijadora de la bacteria *Rhizobium* y de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo (Ballesteros & Lozano, 2010).

Para controlar la calidad de un inoculante de una leguminosa específica, es necesario mantener un número de *Rhizobium* de aproximadamente 106 bacterias/g de inoculante (FAO, 1995) y determinar si es específico para la leguminosa a prueba. Así, un producto microbiano o inoculante debe por lo menos mantener la productividad de un cultivo agrícola con menos dosis de fertilizante nitrogenado, lograr con ello un ahorro en el costo de producción,

La variedad "Q'osqo Poroto-INIA", constituye un logro en Mejoramiento Genético y Sanidad Vegetal, variedad puesta a disposición de los agricultores del Cusco, su rendimiento promedio es en asociación 1300 kg/ha, en espalderas 3000

kg/ha superior a los ecotipos locales, es de grano amarillo opaco mediano, granos por vaina 4, peso de 100 semillas 51 a 57 g de buena calidad culinaria y comercial (Gamarra *et al*., 1997; INIA, 1997).

Las diferencias de la eficiencia en la FBN entre cepas de *Rhizobium* son consecuencia al menos de dos causas: a) estabilidad en el material genético involucrado en la fijación, el cual está sometido a frecuentes pérdidas por reordenamiento del mismo (Martínez *et al*., 1988) y b) relación entre la capacidad para formar Masa Seca Nodular (MSN), fijar nitrógeno y transferir este. Es decir, existen cepas que tienen una alta capacidad para formar MSN; pero dificultad para fijar nitrógeno o transferir el nitrógeno fijado (Dobereiner, 1993).

La actividad del *Rhizobium* nativo del suelo contra el introducido, muestran diferencias, en general porque los *Rhizobium* autóctonos son infectivos, pero no son eficientes en la fijación de N_2. Por lo cual, para mejorar el rendimiento del "fríjol" y otras leguminosas, es necesario seleccionar un nativo altamente infectivo y efectivo y además, agregar pequeñas cantidades de fertilizante nitrogenado (aproximadamente 20 kg de N/ha), lo cual estimula la nodulación, para alcanzar hasta un 70-75%de nitrógeno fijado proveniente de la atmósfera. Este fenómeno, depende de la interacción entre los genotipos del hospedero y el tipo de *Rhizobium*, mientras que, con altas concentraciones de fertilizante nitrogenado se inhibe la fijación simbiótica del nitrógeno. Es evidente, que la eficiencia para fijar N_2 depende del tipo de *Rhizobium* y la leguminosa hospedera (Peña-Cabriales, 1989).

El objetivo de la presente investigación, fue evaluar la influencia en el rendimiento de los cultivares de "ñuña" en la producción de granos, en simbiosis con *R. phaseoli* específico para el "frijol" y seleccionar entre los cultivares, la "ñuña" de mayor rendimientos en granos y que exprese mayor compatibilidad en la simbiosis con el "rizobio".

Se eligió 5 cultivares de "ñuña" procedentes de Cajamarca, y al evaluar los factores de nodulación y fijación de nitrógeno se encontró que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos con inoculación "rizobio" y los fertilizados con urea, pero con mejor performance el tratamiento con inoculación; se observó, el número de días para la aparición de los nódulos y fluctuó entre 74,77 y 81,66 días, presentó mejor performance el cultivar N° 3; el número de nódulos encontrados varió de 70,33 para el cultivar N° 1 y de 34,89 para el cultivar N° 2; el tamaño de los nódulos de los inoculados con "rizobio" osciló entre 4,55 a 2,89 mm para los cultivares N° 1 y 2 respectivamente; el peso seco de los nódulos fluctuó entre 1,189 y 0,623 g para los cultivares N° 1 y 2 respectivamente.

Rendimiento: el número de vainas por planta fluctuó entre 46,33 para el cultivar N° 1 y 35,33 para el cultivar N° 2; el número de semillas por vaina más elevado fue de 6,89 para el cultivar N° 1 y el menor número lo obtuvo el cultivar N° 2 con 4,67 semillas; el peso seco de cien semillas más alto fue para el cultivar N° 1 con 64,30 g y con el menor peso el cultivar 2 con 38,27 g; el mayor rendimiento en grano obtenido fue para el cultivar N° 1 con 5148,11 kg/ht y el menor rendimiento lo obtuvo el cultivar N° 2 con 1841,34 kg/ht y además, el cultivar N° 1 sobresalió con mejor performance en todos los parámetros de evaluación, logró el mayor rendimiento en grano y el más compatible en simbiosis con el "rizobio". Concluyendo, que existen "ñuñas" que incrementan su producción con buen

rendimiento en granos en simbiosis con *Rhizobium*" infectivos y eficientes.

Material y métodos

Las parcelas se ubicaron en el campo experimental de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de la Ciudad de Lima, a 154 msnm y geográficamente se ubica a 12° 02′ 06″ S y 77° 01′ 07″ O; en un área de 471,9 m^2 distribuidos de acuerdo al Diseño de Bloque Completo Randomizado (BCR).

Se realizó el muestreo de suelo del campo experimental para el análisis químico y de la textura del suelo, para determinar las situaciones nutricionales del terreno. Las labores culturales se iniciaron en el mes de setiembre 2012, removiendo el terreno para facilitar las diferentes labores agrícolas, y se trabajó sobre un terreno plano.

Las semillas de "frijol" "ñuña" se obtuvieron de los cultivares de Cajamarca colectados por el Instituto Nacional de Innovación Agraria –INIA procedentes del campo en dicha región y fueron seleccionadas aproximadamente 0,800 kg para cada cultivar de "ñuña" en estudio: Cultivar "ñuña 1" FRIJOL NEGRO "azulita", Cultivar "ñuña 2" FRIJOL ROJO "bocona", Cultivar "ñuña 3" FRIJOL BLANCO "huevo de pava", Cultivar "ñuña 4" FRIJOL PLOMO "Nube clara" y Cultivar " ñuña 5" FRIJOL NARANJA "sibarita".

Después de seleccionar las semillas limpias, sanas y uniformes, se procedió a la desinfección: Las semillas se sumergieron en alcohol absoluto durante 1 minuto, luego se enjuagaron y se transfirieron a un depósito conteniendo lejía al 2%, en el cual permaneció aproximadamente 1 minuto; luego se enjuagaron vigorosamente con agua destilada estéril 4-5 veces, quedando así óptimo para su uso.

Se preparó la solución azucarada al 10 % (100 g de azúcar rubia por litro de agua). En 100 ml de ésta solución se vierte 35,7 g de inoculante *R. phaseoli* especifico (Rhizocaj) y se mezcló hasta formar una suspensión del inóculo, luego se añadió la semilla, homogenizando hasta que todas queden bien húmedas y cubiertas del inóculo. Se dejó secar en un lugar sombreado y se procedió a la siembra.

Los tratamientos en estudio fueron:

a) Tratamientos con inoculación: T1: "ñuña 1", T2: "ñuña 2", T3: "ñuña 3", T4: "ñuña 4" y T5: "ñuña 5"

b) Tratamiento testigo sin inoculación: T6: "ñuña 1", T7: "ñuña 2", T8: "ñuña 3", T9: "ñuña 4" y T10: "ñuña 5".

c) Tratamiento testigo con fertilizante N.P.K. de acuerdo al análisis de suelo y extracción requerida por el cultivo: T11: "ñuña 1", T12: "ñuña 2", T13: "ñuña 3", T14: "ñuña 4" y T15: "ñuña 5".

Los factores de estudio:

a) Cultivares:

C1: Cultivar 1 ("ñuña 1") FRIJOL NEGRO "azulita", **C2**: Cultivar 2 ("ñuña 2") FRIJOL ROJO "bocona", **C3**: Cultivar 3 ("ñuña 3") FRIJOL BLANCO "huevo de pava", **C4**: Cultivar 4 ("ñuña 4") FRIJOL PLOMO "Nube clara", **C5**: Cultivar 5 ("ñuña 5") FRIJOL NARANJA "sibarita".

b) *Rhizobium phaseoli:* Es una bacteria específica que se utilizó inoculando la semilla como fertilizante biológico para grano de "frijol-ñuña"; proveniente de la Universidad Nacional de Cajamarca, "Rhizojack".

Con el uso de herramientas de labranza, se preparó el terreno experimental, luego se procedió con el surcado y se delimitaron las áreas de los tres bloques del experimento con sus respectivas parcelas.

Abonamiento-Fertilización

En el sistema de unicultivo el "frijol" responde económicamente a la aplicación de 40 unidades de nitrógeno, 60 unidades de fósforo y 60 unidades de potasio. Esto equivale a aplicar 87 kg de úrea, 139 kg de superfosfato triple y 100 kg de cloruro de potasio todo por hectárea; la mezcla de los 3 elementos se aplicó en su totalidad al momento de la siembra, en los espacios entre golpes de "ñuña" evitando contacto con la semilla, sólo a las áreas de los tratamientos testigo con fertilizantes según el diseño de distribución. Durante la etapa vegetativa de la planta, se hizo uso del abono foliar llamado "Nitrofosca" (NPK), después del ataque de plagas a fin de recuperar las plantas en peligro de morir.

Siembra

Las semillas inoculadas con *Rhizobium* se sembraron manualmente, en hoyos de 4-6 cm de profundidad, a una distancia de 0,80 m entre surcos y 0,30 m entre golpes y a razón de 3,0 semillas por golpe, tal como lo recomienda INIA.

Se necesitaron 81 semillas por parcela que hacen un total de 3645 unidades para 45 parcelas experimentales y un equivalente en peso de 2,077 kg y para cada cultivar en estudio 415,53 g; el peso promedio por semilla fue de 0,57 g.

Se utilizó el sistema de unicultivo en espalderas, y se requirió realizar un solo aporque a los 43 días de la siembra, antes de la colocación de postes y alambres.

El deshierbo se efectuó cada 15 a 20 días, los pasadizos y los canales de riego.

El riego se efectuó en los momentos que se consideró esencial esta disponibilidad de humedad para la planta, fue a la germinación, floración y llenado de vainas, el primero fue el riego de remojo posteriormente se aplicó riegos cada 3 a 5 días, de acuerdo a las necesidades de la planta y su aplicación fue por surcos. Durante el desarrollo del cultivo se proporcionó los requerimientos hídricos necesarios, para garantizar la humedad del suelo inicialmente con manguera de agua corriente y posteriormente por medio de riegos controlados por inundación; teniendo mayor cuidado y oportuno la aplicación del riego en la etapa de la prefloración y antes del llenado de vainas.

Se utilizó el guiado y colocación de postes en el sistema de espalderas (unicultivo), se colocó en sus inicios postes cruzados con cañas de carrizos y postes de "eucalipto". Antes de que el "frijol" desarrolle las guías, se procedió a poner el hilo de rafia para facilitar el guiado del "frijol".

Para prevenir el ataque a las plantas por plagas de insectos, se aplicó la técnica del control etológico utilizando cuadrados de plásticos de color amarillo embadurnado con aceite de carro como trampas de atracción al color. Además se hizo uso de insecticidas para el control de las plagas como: Lannate. 90 nombre químico "Metonil" 900 g/ha; "Cipermec" 260 ml/ha; "Bamectín" nombre químico Abamectina.

La cosecha y trilla se procedió: Cuando el cultivo alcanzó su madurez de cosecha entre 191,5 y 202 días, manualmente se arrancaron las plantas, se trasladaron a un secadero y luego se procedió a la trilla a mano.

Diseño Experimental: El experimento se instaló bajo el diseño Bloque Completo Randomizado con quince (15) tratamientos y tres (3) repeticiones, se ubicaron de manera aleatoria en cada parcela.

El modelo aditivo lineal del diseño es el siguiente:

$$X_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Xij: Observación cualquiera del i-ésimo tratamiento en el j-ésimo bloque.

µ: Promedio de las unidades experimentales.

τi: Efecto del i-ésimo tratamiento.

ßj: Efecto del j-ésimo bloque.

εij: Error experimental.

i: Subíndice de variación de tratamientos: 1, 2, 3, ..., t.

j: Subíndice de variación de bloques o repeticiones: 1, 2, 3, ..., r.

t: Número de tratamientos.

r: Número de bloques o repeticiones.

Características del campo experimental y de las parcelas

Medidas de la Parcela:

Longitud: 2,40 m, Ancho: 2,70 m, Área de la parcela: 6,48 m^2, Cantidad: 45.

Surcos o líneas:

Número por parcela: 3, Longitud: 2,70 distancia entre surco: 0,80 m.

Pasadizos:

Longitud: 39,0 m; Ancho: 1,0 m; Área: 39,0 m^2

Bloques:

Número de bloques: 03; Longitud de bloque: 39,0 m; Ancho de bloque: 2,70 m^2,

Área total de los bloques: 105,3 m^2 x 3 = 315,9 m^2 Calles entre bloques: 1,0 m

Área total del terreno: Longitud: 39,0 m^2, Ancho: 12,1 m^2, Área: 471,9 m^2

Parámetros de evaluación

Nodulación y Fijación de Nitrógeno

Para medir la efectividad de la fijación del nitrógeno se evaluó antes de la floración, entre los 75 a 82 días; considerando aspectos cualitativos y cuantitativos.

Desde el punto de vista cualitativo se evaluaron los parámetros: a) Tiempo para la aparición de los nódulos, se evaluó días transcurridos desde la siembra hasta que presentaron la formación de los nódulos b) Color que presentaron los nódulos: Se observó el tono de coloración de los nódulos después de ser seccionada la raíz.

Desde el punto de vista cuantitativo se evaluó: a) Números de nódulos, se contabilizó el número de los nódulos que presentaron cada cultivar al ser seccionada la raíz, b) Tamaño de nódulos, se midió el diámetro de los nódulos en mm, c) Peso seco de nódulos: Después de ser seccionados los nódulos se secaron y pesaron en balanza electrónica en g.

Parámetros de Rendimiento

a) Número de vainas por planta: Se consideró el número de vainas por planta seleccionando 9 plantas al azar dentro del área de cada parcela experimental, por cultivares en estudio y por repetición al momento de la cosecha.

b) Número de semillas por vaina: Se evaluó en 9 vainas tomadas al azar dentro del área de la parcela experimental, por cultivares en estudio y por repetición.

c) Peso seco de 100 semillas: Se tomó 100 semillas al azar, expresando su peso en gramos.

d) Rendimiento de grano en Kg por planta: Se determinó con el muestreo de 27 plantas por tratamiento en estudio y repetición, empleando la fórmula propuesta por White. El rendimiento en grano para

cada cultivar en estudio se expresa en Kilogramos por hectárea (K.ha-1).

$$\text{Rendimiento} = \text{Peso de una semilla} * \frac{(\#\ \text{semillas})}{\text{vaina}} * \frac{(\#\ \text{vainas})}{\text{planta}} * \frac{\text{Planta}}{m^2}$$

Análisis estadístico

Se realizó la prueba de homogeneidad de varianza, se efectuaron los análisis de varianza (ANOVA) correspondientes. Para establecer la diferencia entre tratamientos se utilizó la prueba de F al nivel de significación de 5%, luego la significación de los efectos principales y simples se comparó con la prueba de contraste de TUKEY al nivel del 5%. Se analizó el rendimiento del cultivo expresado rendimiento de grano seco en kilogramos por hectárea y los demás parámetros.

Todos los análisis estadísticos se efectuaron utilizando el software estadístico SPSS.

Resultados

En el presente trabajo se consideraron dos factores que fueron investigados y evaluados como son: Nodulación y fijación de nitrógeno y de rendimiento, con los resultados siguientes:

2.1 Nodulación y Fijación de nitrógeno

2.1.1 Número de días para la aparición de los nódulos

La prueba estadística se realizó comparando los bloques, sin distinción del cultivar, para ver el grado de incidencia de la disposición del bloque. Influenció en el estudio. En el análisis de varianzas, se encontró que no existen diferencias significativas entre los bloques, porque el p-valor es, 914. Al analizar la prueba comparaciones múltiples de medias por el método de Tukey se encontró que no hubo diferencias estadísticas entre los tres bloques del número de días para la aparición de los nódulos en los cultivares es decir los tres bloques, no son diferente entre sí $P>0.05$. Al comparar las medias de los 5 cultivares entre los bloques, se observó que los días para la aparición de los nódulos en las plantas (cultivares) fue menor para el bloque N° 2 con media 77,07 días; para el bloque N° 1 de 77,33 días y mayor en el bloque N° 3 la media 77,53 días, mostrando que no son diferentes entre sí Tukey (Tabla 1).

En la estadística descriptiva del Número de días para la aparición de los Nódulos, para el tratamiento con inoculación, se puede evidenciar que el cultivar 3 presentó mejor performance cuando lo comparamos con el resto de cultivares, con una media de 74,78 días; seguidamente, el cultivar 1 con 75,11; el cultivar 5 con 75,22; cultivar 4 con 79,78 y cultivar 2 con 81,67 días (Tabla 1). Se aprecia que existen diferencias significativas entre los cultivares $P<0.05$; asimismo, se encontró correlación moderada entre el cultivar y el número de días para la aparición de nódulos (0,384). De la Tabla 1 se aprecia que el c2>c4, c5, c1, c3 significativamente $P<0.05$.

Se observa del gráfico de cajas (estadística descriptiva) que, en el tratamiento con inoculación el número de días para la aparición de los nódulos comprendidas entre el 25% y el 75 % de la población de los de los cultivares es decir el 50% de la población osciló entre 75 a 80 días, con un mínimo de 74 días y un máximo de 83 días. El 25% de los cultivares con menores días para la aparición de los nódulos están más concentrados que el 25% de los cultivares con mayores días a la aparición de los

Tabla 1. Modelo líneal univariado, Tratamiento con inoculación Rizobio según cultivar en número días para la aparición de los nódulos

	N	Media	F	C1	C2	C3	C4	C5
C1	9	75,11			P=0.000		P=0.00	
C2	9	81,67		P=0.000		P=0.000	P=0.000	P=0.000
C3	9	74,78	187		P=0.000		P=0.00	
C4	9	79,78		P=0.000	P=0.000	P=0.000		P=0.000
C5	9	75,22			P=0.000		P=0.00	

a. R cuadrado = ,440 (R cuadrado corregida = ,384) "R=coeficiente de correlación"

Variable dependiente: número días para la aparición de los nódulos.

nódulos, ellos están más dispersos.

2.1.2 Número de nódulos

En el análisis de varianzas no existen diferencias significativas entre los bloques, para el número de nódulos que presentaron los cultivares y al efectuar las comparaciones múltiples de medias por el método de Tukey se encontró que no hubo diferencias estadísticas entre los bloques N°: 1, 2 y 3 donde se encontraron los tratamientos que corresponden a las plantas (cultivares: 1, 2, 3, 4,5) que fueron inoculadas con *Rhizobium*.

Al comparar las medias, a pesar que no difieren estadísticamente entre sí, se observa el número de nódulos en las plantas: para el primer bloque (N° 1) los cultivares presentaron el mayor número con media de 52,53 nódulos; el segundo bloque (N° 2) presentaron 51,47 y con menor número el tercer bloque (N° 3) con 51,67 nódulos respectivamente.

En la estadística descriptiva del Número de Nódulos, para el tratamiento Con

Tabla 2. Modelo líneal univariado en Tratamientos con inoculación por cultivar según número de nódulos

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	P
Modelo corregido	8019,333(a)	4	2,004,833	216,090	,000
Intersección	121,160,556	1	121,160,556	13,059,222	,000
cultivar	8,019,333	4	2,004,833	216,090	,000
Error	371,111	40	9,278		
Total	129,551,000	45			
Total corregida	8,390,444	44			

R cuadrado = ,956 (R cuadrado corregida = ,951) "R=coeficiente de correlación"

Variable dependiente: número de nódulos

Inoculación, encontramos que la media del Cultivar 1 presentó mejor performance que el resto de cultivares, con una media de 70,33 nódulos y una tendencia a variar de 2,646, con un máximo de 73 y un mínimo de 65 nódulos; con menor número de nódulos el cultivar N° 2 con media 35 nódulos, con un máximo de 39 y un mínimo de 30 nódulos con tendencia a variar de 2,93; para los cultivares N° 3,4 y 5 con 63,33 nódulos con tendencia a variar de 4,84 ; con 40,56 con tendencia 1,66 y 50,33 nódulos con tendencia a variar de 2,12 nódulos respectivamente.

De la tabla 2, se aprecia que existen diferencias significativas entre los cultivares P<0.05 asimismo, se encontró alta correlación entre el cultivar y el número de nódulos (0,95). Del análisis se aprecia que en el c1>c2, c3, c4, c5 significativamente P<0,05.

En el gráfico de cajas (estadística descriptiva) los tratamientos inoculados con *Rhizobium* muestran el número de nódulos comprendidos entre el 25% y el 50% de la población de los cultivares un rango entre 39 -50 nódulos; entre el 25% y el 75% es decir el 50% de los cultivares oscilan entre 39 y 66 nódulos; un 25 % para los de menor número se manifiesta entre 30 a 38 nódulos, y el otro 25 % con mayor números de nódulos entre 68 -73; asimismo, se observa un mínimo de 30 y un máximo de 73 nódulos para dicho tratamiento. Cabe resaltar, que los números de nódulos comprendidos entre el 25% y el 50% de la población de cultivares, está más concentrada, es decir, hay menos diferencia entre el número de nódulos que entre el 50% y el 75% que está más dispersa, donde la diferencia entre el número de nódulos es mayor.

2.1.3. Tamaño de nódulos (mm)

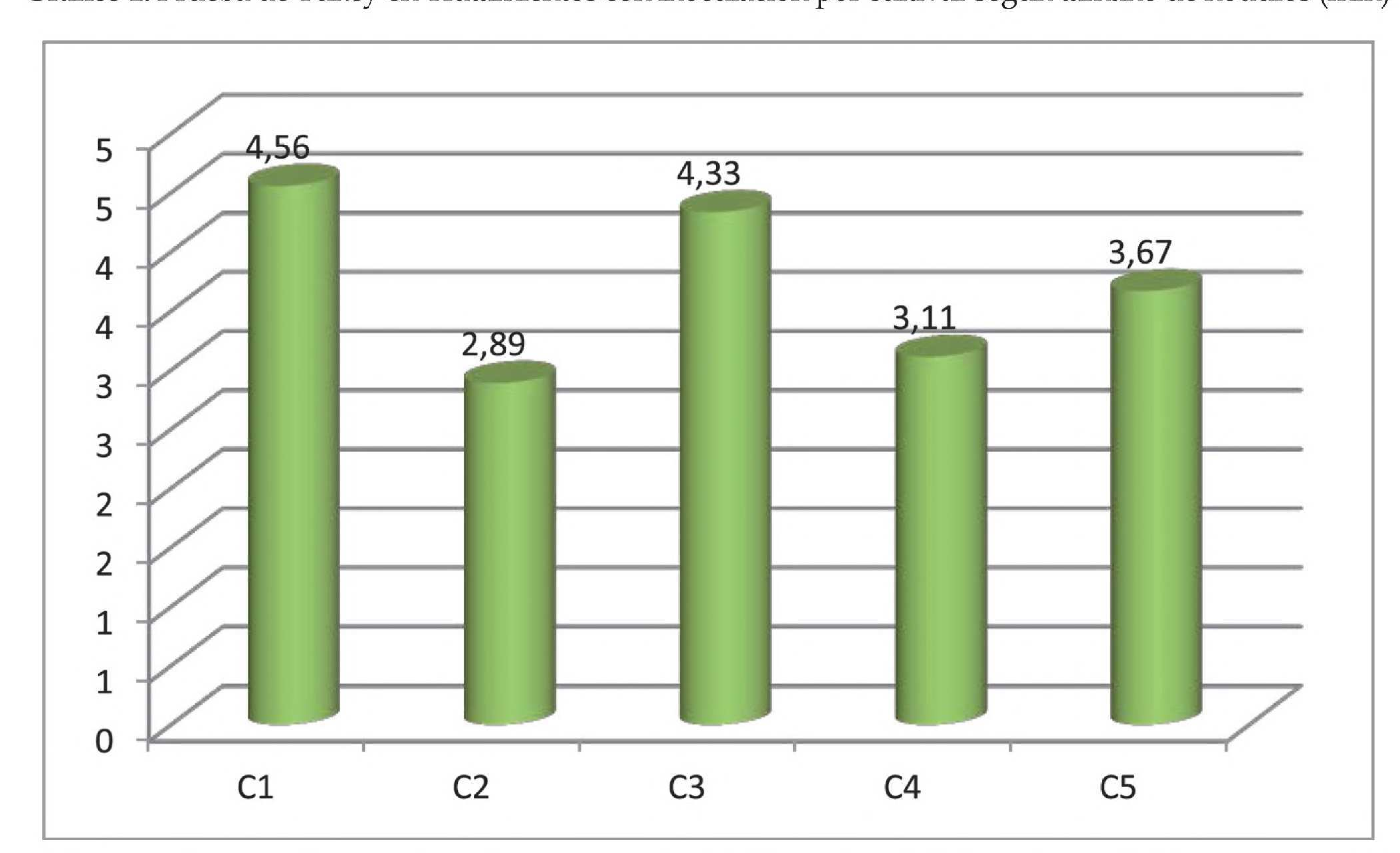
La prueba se realizó comparando los bloques, sin distinción del cultivar, para ver el grado de incidencia del bloque en el estudio.

En el análisis de varianzas, se encontró que no existen diferencias significativas entre los bloques, porque el p-valor es, 976 y al efectuar las comparaciones múltiples de medias por el método de Tukey se encontró que no hubo diferencias estadísticas entre los bloques donde se encuentran los tratamientos que corresponden a las plantas (cultivares: 1, 2, 3, 4,5) que fueron inoculadas con *Rhizobium* para determinar el tamaño de los nódulos. En el primer y tercer bloque, para el tamaño de los nódulos los cultivares presentaron la media de 3,73 mm, es decir, el tamaño de los nódulos en los bloques no fueron diferentes, la disposición de los mismos no influenciaron en el resultado y para el segundo bloque la media fue de 3,67 mm. Se observa una tendencia de variación de 0,70 mm.

En la estadística descriptiva del Tamaño de Nódulos, para el tratamiento Con Inoculación, encontramos que la media del Cultivar 1 presentó mejor performance que el resto de cultivares, con una media de 4,56 mm de diámetro, con un máximo de 5 mm y un mínimo de 3 mm de diámetro, con una tendencia a variar de 0,726 mm; con menor tamaño los nódulos del cultivar 2 con media de 2,89 mm de diámetro, con máximo de 4 mm y un mínimo de 2 mm y con tendencia a variar de 0,78; para los cultivares (C): C3 una media de 4,33 mm un máximo de 5 y un mínimo 3 mm con tendencia a variar de 0,70 mm; C4 con media 3,11 mm, máximo 4 y mínimo 2 con tendencia a variar de 0,60 mm y el cultivar 5 con media 3,67 mm, máximo 5 y mínimo 3 mm y una tendencia a variar de 0,70 mm (Tukey) (Gráfico 1).

Del análisis estadístico se aprecia que existen diferencias significativas entre los cultivares P<0,05, asimismo, se encontró correlación moderada entre el cultivar y

Gráfico 1. Prueba de Tukey en Tratamientos con inoculación por cultivar según tamaño de nódulos (mm)



el tamaño de nódulos (0,43). Del gráfico 1, se aprecia que en el c1>c2, c3, c4, c5 significativamente P<0,05.

En el gráfico de cajas estadística descriptiva se observa que el tamaño de los nódulos comprendidas entre el 25% y el 75% de la población de los cultivares, es decir el 50% de los cultivares presentan el tamaño de los nódulos entre 3 y 4 mm de diámetro y un 25 % con tamaños menores de 3 mm y otro 25% con tamaños mayores de 4 mm, y los tamaños máximo y mínimo que presentan los cultivares son 5 y 2 mm de diámetro respectivamente.

2.1.4. Peso seco de los nódulos (g)

La prueba estadística se realiza comparando los bloques, sin distinción del cultivar, para determinar si ha influenciado la disposición del bloque en el Peso seco de los nódulos.

En el análisis de varianzas, se encontró que no existen diferencias significativas entre los bloques, porque el p-valor es, 903. y al efectuar las comparaciones múltiples de medias por el método de Tukey se encontró que no hubo diferencias estadísticas entre los bloques donde se encuentran los tratamientos que corresponden a las plantas (cultivares: 1, 2, 3, 4, 5) que fueron inoculadas con *Rhizobium* para determinar el peso seco de los nódulos. En el primer bloque, los cultivares presentan mayor peso seco de los nódulos la media de 0,886 g, para el tercer bloque la media de 0,879 g y para el segundo bloque es menor con media de 0,851 g. No observándose diferencia significativa entre ellos.

En la estadística descriptiva del peso seco de los nódulos, para el tratamiento Con Inoculación, encontramos que la media del Cultivar 1 presentó mejor performance que el resto de cultivares, con una media de 1,189 g y una tendencia a variar de, 0,298 g; le sigue el cultivar 3 con una media de 0,992 g y una variación 0,0338 g; luego el cultivar 5 con una media de 0,814 g y una variación de 0,0313; el cultivar 4 con una media de 0,740 g y una variación de 0,0229 y por último el cultivar 2 con una media de 0,623 g

con una variación de 0,2095 g. Mediante un gráfico de barras se puede evidenciar esta mejor performance del Cultivar 1, cuando lo comparamos con el resto de cultivares.

Del análisis estadístico se aprecia que existen diferencias significativas entre los cultivares $P<0.05$, asimismo, se encontró alta correlación entre el cultivar y el peso de nódulos (0,80). De la prueba de Tukey se aprecia que en el c1>c2, c3, c4, c5 significativamente $P<0,05$.

En el gráfico de cajas (estadística descriptiva) se puede observar que entre el 25% y el 50% de la población de los cultivares Inoculados con *Rhizobium* presentaron pesos seco de los nódulos que oscilan entre 0,73 y 0,79 g; entre el 25% y el 75% es decir el 50% de los cultivares oscilan entre 0,73 - 0,99 g; un 25 % con pesos bajos mayores de 0,62 y menores de 0,7 g y el otro 25% de los cultivares con los pesos más altos mayores de 1,0 y menores de 1,23 g, considerando el peso de los nódulos un mínimo 0,62 y el máximo de 1,23 g. Además, los pesos secos comprendidos entre el 25% y el 50% de la población están más concentrados que entre el 50% y el 75%; es decir, la diferencia de los valores de los pesos secos menores es más baja que entre los pesos secos mayores de los nódulos.

2.2. Parámetros de Rendimiento

2.2.1. Número de vainas por planta
La prueba se realiza comparando los tratamientos, para cada uno de los cultivares, para ver si existen diferencias entre los tratamientos; sin inoculación, con inoculación y con fertilizante, con respecto al Número de vainas por planta.

En el análisis de varianzas, encontramos que sí existen diferencias significativas entre los tratamientos, porque el p-valor es, 000.

Se recurre a la prueba de Tukey que nos dice que el tratamiento sin inoculación es diferente a los tratamientos con inoculación y con fertilizante. Los tratamientos con inoculación y con fertilizante, no presentan diferencias significativas entre sí. Para los 5 cultivares estudiados se encontró este mismo resultado.

Del análisis estadístico, se aprecia que existen diferencias significativas entre los cultivares $P<0.05$, asimismo, se encontró alta correlación entre el cultivar y el número de vainas por planta (0,89). De la prueba de Tukey se aprecia que en el c1>c2, c3, c4, c5 significativamente $P<0.05$.

Para los subconjuntos homogéneos el número de vainas por planta o cultivar, para el tratamiento Con Inoculación, encontramos que la media del Cultivar 1 presentó mejor performance que el resto de cultivares, con una media de 46,33 vainas; le continúan con menores números el cultivar 3 con una media de 44,67; seguidamente cultivar 5 con una media de 43,33; el cultivar 4 con una media de 38,56 y por último, el cultivar 2 con una media de 35,33 vainas por planta (Gráfico 2).

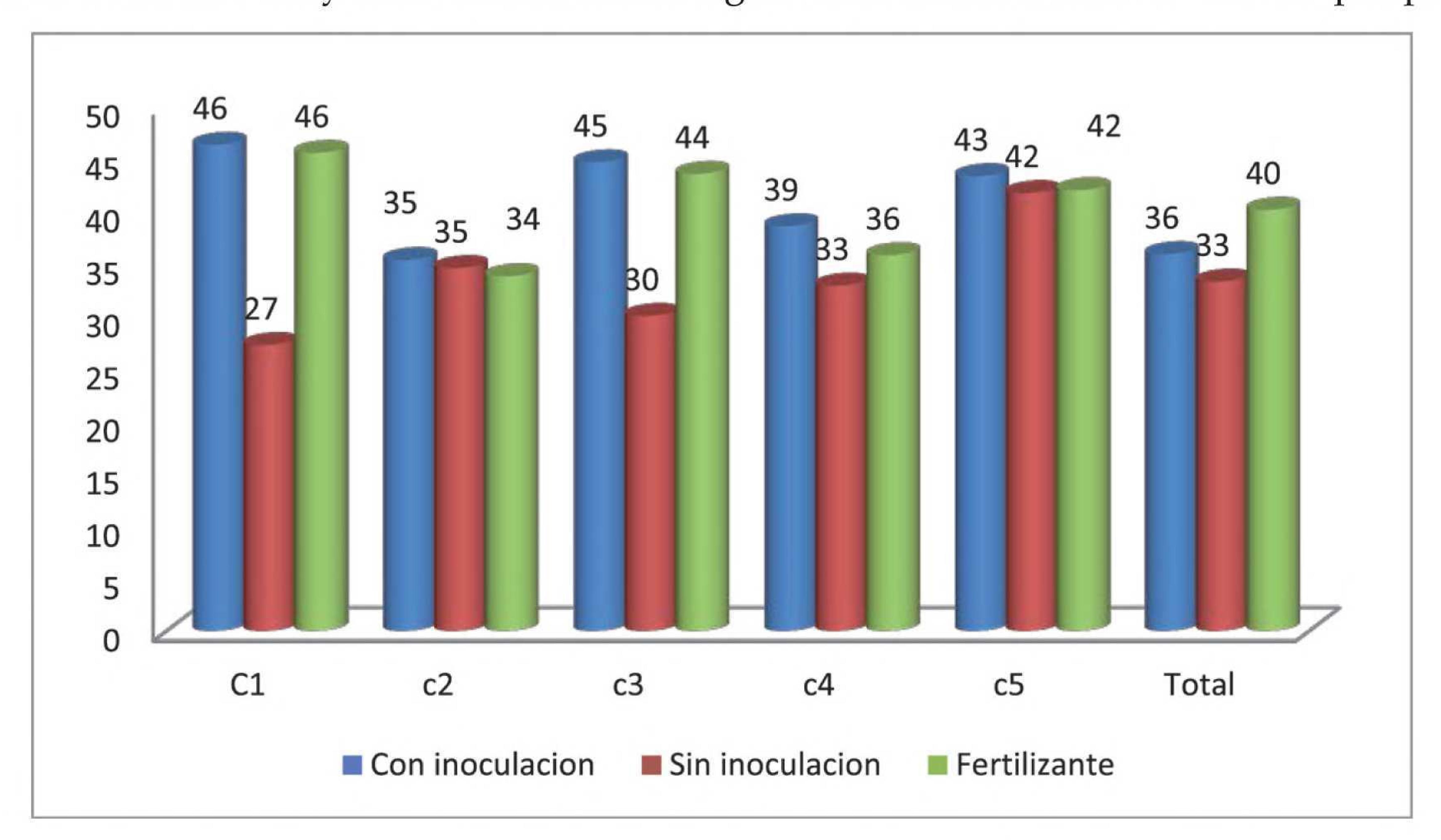
Del gráfico de cajas (estadística descriptiva) se observa que el tratamiento con inoculación presenta mayores números de vainas por cultivar con respecto a los otros tratamientos: sin inoculación y con fertilizante; visualizando para el tratamiento con inoculación que entre el 25% y el 50% de estos cultivares oscila la cantidad de vainas entre 38 y 43 vainas, entre el 25% y el 75%, es decir el 50% de la población de los cultivares oscilan entre 38 y 45 vainas por cultivar, con un mínimo de 32 y un máximo de 50 vainas por cultivar, encontrándose más disperso el número de vainas entre el 25 y el 50% que entre el 50 y 75% de los cultivares inoculados; disminuyendo dichas cantidades para el tratamiento con

fertilizante donde entre el 25% y el 75% de estos cultivares oscilan entre 36 y 44 vainas por cultivar, y con menores números de vainas para el tratamiento sin inoculación donde entre el 25% y el 75% de los cultivares oscilan entre 29 y 35 vainas por cultivar con un mínimo de 25 y un máximo de 38 vainas por cultivar .

2.2.2. Número de semillas por vaina

La prueba se realiza comparando los Tratamientos, para cada uno de los

Gráfico 2. Prueba de Tukey entre Tratamientos según cultivar en número de vainas por planta



cultivares, para ver si existen diferencias entre los Tratamientos; sin inoculación, con inoculación y con fertilizante, con respecto al Número de semillas por vaina.

En el análisis de varianzas, encontramos que sí existen diferencias significativas entre los tratamientos, porque el p-valor es, 000.

Se recurre a la prueba de Tukey que nos dice, que el tratamiento sin inoculación es diferente a los tratamientos con inoculación y con fertilizante. Los tratamientos con inoculación y con fertilizante, no presentaron diferencias significativas entre sí, a excepción del cultivar 2 donde el tratamiento sin inocular difirió del inoculado, pero, no del fertilizado con urea, presentó el inoculado la media de 4,67 semillas por vaina; para el tratamiento con fertilizante urea la media de 4,44 semillas por vaina y menor cantidad de semillas para el tratamiento sin inocular con 3,67 semillas por vaina.

Del análisis estadístico modelo lineal univariado se aprecia que existen diferencias significativas entre los cultivares $P<0.05$, asimismo, se encontró alta correlación entre el cultivar y el número de semillas por vaina (0,61). De la prueba de Tukey se aprecia que en el c1>c2, c3, c4, c5 significativamente $P<0.05$.

Para los subconjuntos homogéneos el número de semillas por vainas, para el tratamiento Con Inoculación, encontramos que la media del Cultivar 1 presentó mejor performance que el resto de cultivares, con una media de 6,89 semillas por vainas; le continúan con menores números el cultivar 3 con una media de 5,54; seguidamente cultivar 5 con una media de 5,22; el cultivar 4 con una media de 4,89 y por último, el cultivar 2 con una media de 4,67semillas por vainas (Tukey).

Del gráfico de cajas (estadística descriptiva) se observa la diferencia del

número de semillas por vainas entre los tratamientos: sin inoculación, con inoculación y con fertilizante; visualizando que entre el 25% y el 75% de los cultivares con inoculación y fertilizante presentaron entre 5 y 6 semillas por vaina, con un mínimo de 4 y un máximo de 7, es decir el 50% de las vainas para el tratamiento con inoculación presentó mayor número con 5 a 6 semillas a diferencia del tratamiento "sin inocular" al cual se encontró menor número, donde el 50% de sus cultivares oscilaron entre 4 y 5 semillas, con un máximo de 6 semillas y un mínimo de 4 semillas por vaina; con valores atípicos de 8 semillas por vaina para ambos tratamientos con inoculación y fertilizado.

2.2.3. Peso seco de 100 semillas (g)

En el análisis de varianzas, encontramos que sí existen diferencias significativas entre los tratamientos, porque el p-valor es, 000.

Se recurre a la prueba de Tukey que nos dice que el tratamiento sin inoculación es diferente a los tratamientos con inoculación y con fertilizante. Los tratamientos con inoculación y con fertilizante, no presentan diferencias significativas entre sí.

Al comparar los tratamientos, para cada uno de los cultivares, para ver si existen diferencias entre los tratamientos; sin inoculación, con inoculación y con fertilizante urea, con respecto al Peso seco de 100 semillas (g); se encontró que si existe diferencias significativas entre ellos $P<0.05$ ((Tukey).

Del análisis estadístico modelo lineal univariado se aprecia que existen diferencias significativas entre los cultivares $P<0.05$ asimismo, se encontró alta correlación entre el cultivar y el peso seco de 100 semillas (0,99). De la prueba de Tukey se aprecia que en el c1>c2, c3, c4, c5 significativamente $P<0.05$.

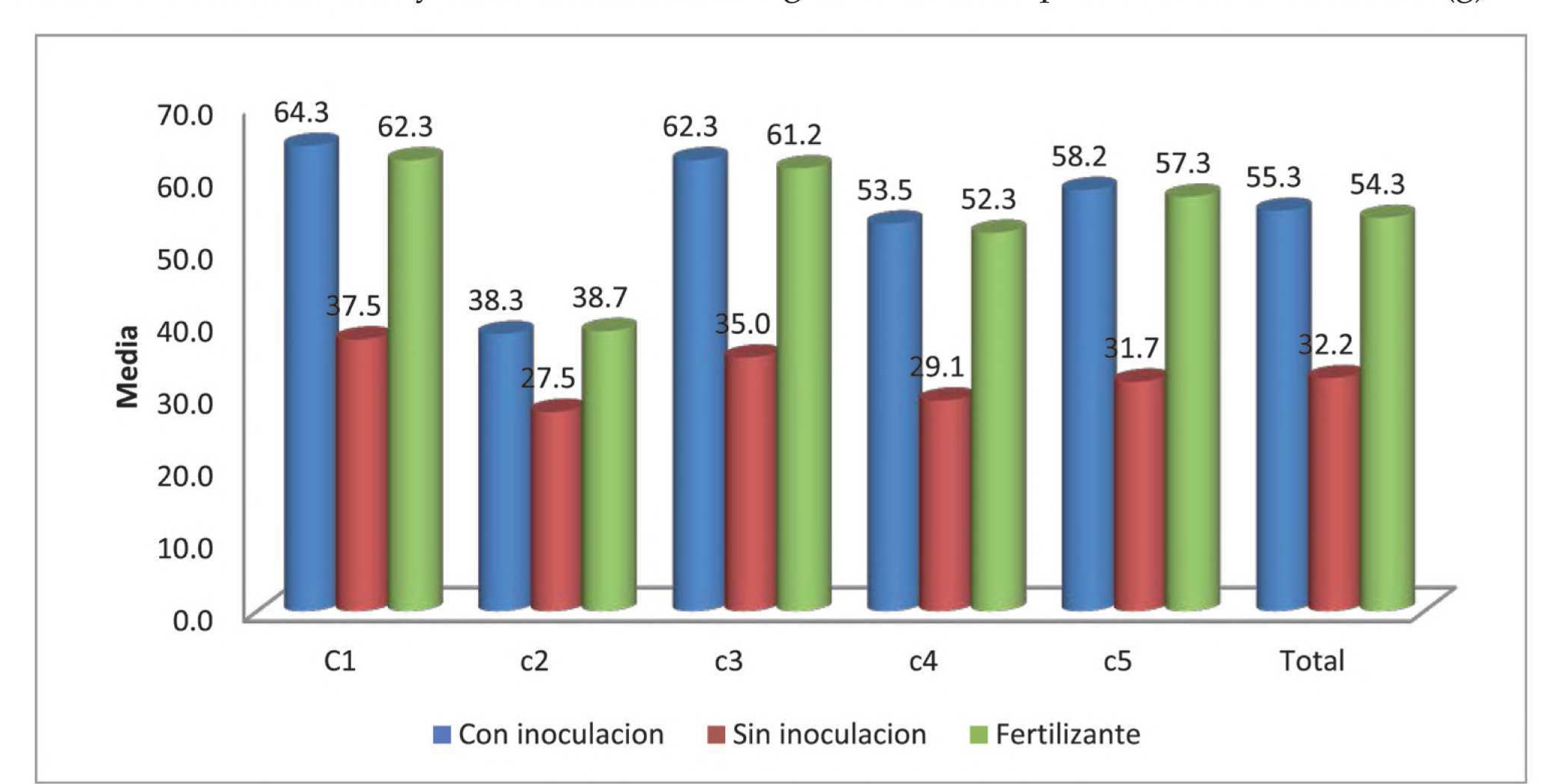
Para los subconjuntos homogéneos el peso seco de 100 semillas, para el tratamiento Con Inoculación, se encontró que la media del Cultivar 1 presentó mejor performance que el resto de cultivares, con una media de 64,307 g; le continúan con menores pesos el cultivar 3 con una media de 62,341 g; seguidamente cultivar 5 con una media de 58,211 g; el cultivar 4 con una media de 53,533 g y por último el cultivar 2 la excepción con fertilizante con una media de 38,672 g (Tukey) (Gráfico 3).

Del gráfico de caja (estadística descriptiva) se puede evidenciar esta mejor performance del tratamiento con inoculación, cuando lo comparamos con los tratamientos con fertilizante y sin inoculación, así observamos que entre 25% y el 50% de los cultivares procedentes del tratamiento con inoculación sus pesos secos de 100 semillas fluctúa entre 53 y 58 g; entre el 25% y el 75%, es decir, el 50% de los cultivares inoculados sus pesos de 100 semillas oscilan entre 53 y 63 g, con un mínimo de 37 y un máximo de 67 g; con valores atípicos de 32 y 28 g: seguidamente entre el 25 % y el 75% de los cultivares con fertilizante sus pesos oscilan entre 52 y 61 g y para los tratamientos sin inoculación entre el 25% y el 75% de los cultivares sus pesos oscilan entre 29 y 39 g con un mínimo de 25 y un máximo de 39 g .

2.2.4. Rendimiento del grano (Kg/ha)

Al comparar los tratamientos con

Gráfico 3. Prueba de Tukey entre Tratamientos según cultivar en peso seco de 100 semillas (g)



inoculacion, sin inoculacion y fertilizado con urea se encontró diferencias estadisticas significativas entre ellos, indicando diferentes comportamientos de los cultivares en estudio.

En la estadística descriptiva del rendimiento en grano, para el tratamiento

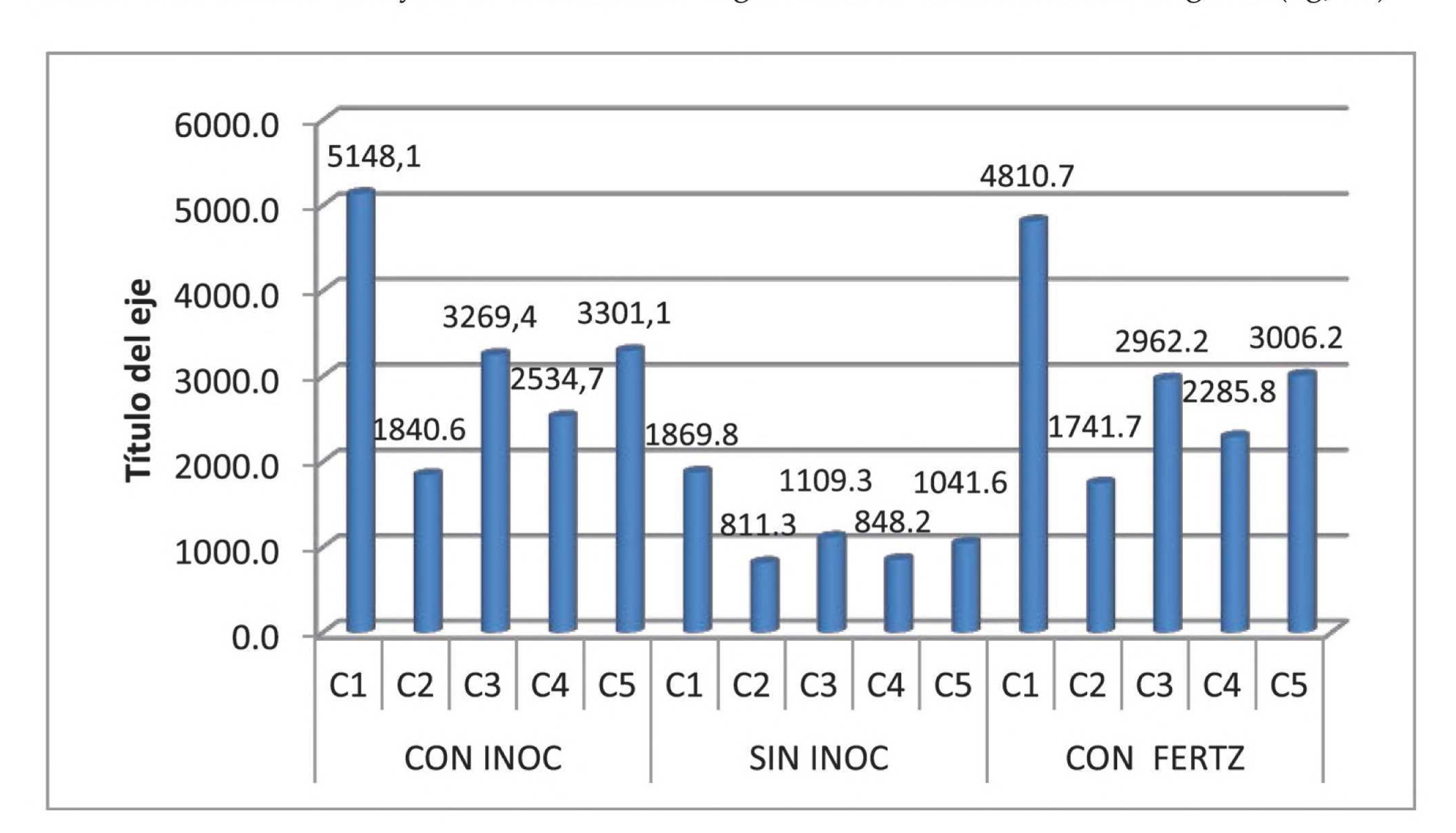
Tabla 3. Rendimiento del cultivar 1

Cultivar = 1:

Descriptivos[a]								
RENDIMIENTO (Kg/Ht)								
	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Con Inoculación	9	51,481,114	67,240,834	22,413,611	46,312,526	56,649,702	4249,80	6510,00
Sin Inoculación	9	18,745,603	23,817,025	7,939,008	16,914,864	20,576,341	1570,80	2180,82
Con Fertilizante	9	48,076,914	48,511,593	16,170,531	44,347,983	51,805,845	4110,08	5588,88
Total	27	39,434,544	157,210,548	30,255,184	33,215,501	45,653,586	1570,80	6510,00
a. Cultivar = 1								

Con Inoculación, encontramos que la media del Cultivar 1 presentó mejor performance que el resto de cultivares, con una media de 5,148 kg/ht, una tendencia a variar de 672,40 kg/ht y un intervalo fluctuante de rendimiento entre 4631,25 y 5664,97 kg/ht; con menor rendimiento el cultivar 2 con 1841,34 kg/ht con variación de 278,79 kg/

Gráfico 4. Prueba de Tukey entre Tratamientos según cultivar en rendimiento de grano (kg/ha)



ht; para el cultivar 3 con 3269,45 kg/ht con variación de 682,25; cultivar 4 con 2534,60 kg/ht, variación de 491,30 y el cultivar 5 con media de 3301,15 kg/ht, con tendencia a variar de 591,25 kg/ht. Mediante una gráfico de barras se puede evidenciar esta mejor performance del Cultivar 1, cuando lo comparamos con el resto de cultivares. (Gráfico 4).

Se encontró que el tratamiento con inoculante *Rizobium* para el cultivar 1 proporcionó un buen rendimiento en grano de la "ñuña", con 95% de probabilidades de encontrar un rendimiento entre 4631,25 y 5664,97 kg/ht, con mínimo y un máximo de 4249,80 y 6510,00 kg/ht respectivamente, sobrepasando los valores de rendimiento del tratamiento sin inocular 1874,56 kg/ht y fertilizar con urea 4807,69 kg/ht (Tabla 3).

Discusión

Fijación de Nodulación y Nitrógeno:

En las plantas de *P. vulgaris* L. inoculadas con *Rhizobium* se observó la presencia de nódulos los cuales presentaban una coloración rosada, indicador de la presencia de leg hemoglobina en su interior (Dixon & Wheeler, 1993). Las plantas sin inocular ni fertilizar en lo que respecta a la coloración foliar mostraron un tono verde pálido y algún signo de clorosis, entendiéndose esta manifestación como consecuencia a la deficiencia de nitrógeno (Larcher,1995). En cuanto a la coloración cualitativamente no se observó diferencia significativa entre aquellas inoculadas con *Rhizobium* y las fertilizadas con urea, interpretándose esta atractiva coloración verde intenso a que ambos tratamientos se les suministró nitrógeno para ser metabolizado por la planta, en el primer caso por fijación simbiótica en los nódulos bacterianos (Bruno,1990; Larches,1995), mientras el segundo por absorción de nitrato (urea) a través de las raicillas; resultados similares a los obtenidos follaje verde oscuro con "frijol bayo" en la zona de la Libertad Perú (Lezama, 2000).

Número de días a la aparición de los nódulos

Al contabilizar los días para la aparición de los nódulos como era de esperarse en los tratamientos donde las plantas fueron inoculadas con *Rhizobium* puesto que la nodulación se debe a la acción de esta bacteria (Dixon & Wheeler, 1993). El que presentó mejor performance fue el cultivar N° 3 que el resto de cultivares con menor número 74,77 días desde la siembra; seguido del N° 1 con 75,11 y para el 50% de la población de los cultivares osciló entre 75 a 80 días a la aparición de los nódulos. Se encontró con respecto a la distribución de los tratamientos y cultivares en parcelas que se ubicaron dentro de los bloques no existió diferencias significativas entre bloques lo que se traduce que la disposición de los bloques no influenciaron en el estudio.

Número de nódulos

Al contabilizar los nódulos en las raicillas como resultado de la colonización de los *Rhizobios* mostraron el número de nódulos para el 50% de la población de los cultivares dentro de un rango entre 39-65 nódulos; asimismo, se observa un mínimo de 30 y un máximo de 73 nódulos para dicho tratamiento. Los presentes resultados difirieron de los encontrados en trabajos similares (Crisanto, 1995), donde obtuvo menores valores (12) para el cultivar "canario" de *P. vulgaris* L.; Lezama (2000) obtuvo un promedio de 18 nódulos, utilizó cultivar "bayo promesa" estas diferencias en promedio se debe a que se trabajó con líneas de cultivo diferentes, mientras que en el presente se trabajó con cultivar "Ñuña" y para lograr una simbiosis óptima es indispensable que la planta y la bacteria logren compatibilidad de atracción, codificadas por genes específicos como lo establece el éxito de la simbiosis (De Brujin,1994). Hay una relación entre la infectividad (cantidad de nódulos/planta) y la efectividad peso seco de la planta (Benedetti, 1999).

Tamaño de nódulos

Al evaluar el tamaño de los nódulos no se encontró diferencias significativas entre bloques y cultivar observándose que el 50% de los cultivares presentaron el tamaño de los nódulos entre 3 y 4 mm de diámetro. Asimismo, se pudo evidenciar que ésta mejor performance es para el cultivar N° 1 con un promedio de 4,5 mm de diámetro esto demostraría la existencia de una mayor compatibilidad e interacción entre genes comprometidos en la simbiosis (FBN). Los valores hallados se encontraron superior del rango de trabajos similares, en las cuales se observa valores entre 0,5 - 2,0 mm para el cultivar "canario" (Crisanto ,1995); y para Lezama, (2000) un promedio de 1,76 mm cultivar "bayo promesa".

Peso seco de los nódulos

De la misma manera, se observó que no hay diferencias significativas entre bloques, visualizando que el 50% de los cultivares inoculadas sus pesos secos de los nódulos oscilaron entre 0,73 y 0,99 g considerando un peso mínimo de 0,67 y máximo de 1,23 g, se evidenció esta mejor performance del cultivar N° 1 cuando lo comparamos con el resto de cultivares con un promedio de 1,18 g lo que consideramos un buen nivel de peso seco, como respuesta a una buena fijación de nitrógeno atmosférico y peso, pero existen cepas que tiene una alta capacidad para formar MSN, pero dificultad para fijar nitrógeno o transferir el nitrógeno fijado (Dobereiner, 1998), mostrando que valores de MSN no son concluyentes cuando se selecciona genotipos y cepas con alta capacidad para fijar nitrógeno (Gómez *et al.*,1997).

Factores de Rendimiento

Número de vainas por planta

Al análisis, el tratamiento sin inoculación mostró diferencias significativas entre los tratamientos con inoculación y fertilizado con urea, a excepción del cultivar 4 donde todos los tratamientos difirieron significativamente entre sí, en este cultivar se visualizó con mayor número de vainas para el tratamiento con inoculación con una media de 38,56 vainas por planta y disminuyendo la cantidad de vainas para el tratamiento con fertilizante urea con una media de 35,78 vainas y con el menor número para el tratamiento sin inocular con una media de 30,00 vainas por planta; indicando que existe una mayor compatibilidad con el *Rhizobium* dada su respuesta frente a la fijación biológica, sobrepasando en cantidad de vainas al fertilizado con urea.

Como se visualizó, el tratamiento con mayor producción de vainas es el inoculado y con una mejor performance para el cultivar 1 que el resto de cultivares con media de 46,33 vainas, expresando una mayor compatibilidad y producción a través de la fijación simbiótica; disminuyendo dichas cantidades para el tratamiento con fertilizante donde las cantidades oscilan entre 36 y 44 vainas, y con menores números de vainas para el tratamiento sin inoculación oscilando entre 29 y 35 vainas por planta.

Lagos (2011), "ñuñas" el número de vainas por planta que obtuvo, varió de 63,1 a 33,7 vainas, los cuales corresponden a los cultivares CFA-017 y CFA-006, respectivamente, con un promedio de 48, 4 vainas por planta. Dichos valores son superiores a los encontrados en este trabajo, dado que los cultivares tuvieron que lidiar frente a la acción devastadora de las plagas, las mismas que diezmaron la producción. Rojas (2010), reportó que el número de vainas por planta en "frijol ñuña" obtenidos en su trabajo, varió de 24,8 a 64,6 vainas, que son similares a los obtenidos en el presente estudio; mientras que Enciso (2005), "frijol reventón" (arbustivo) encontró de 10,54 a 21,67 vainas por planta, que son inferiores a los obtenidos en el presente trabajo.

Número de semillas por vaina

Los resultados señalan que el tratamiento sin inoculación presentó diferencias estadística entre los tratamientos: con inoculación y el fertilizado con urea y que ambos tratamientos no difirieron entre sí, a excepción del cultivar 3 donde el tratamiento sin inocular difirió del inoculado, pero no del fertilizado con urea; esto nos indica que tratamiento inoculado es mejor metabolizado por este cultivar influyendo sobre el número de semillas con una media de 4,67 semillas por vaina, así tenemos para el tratamiento: con fertilizante urea la media es 4,44 semillas por vaina, y menor cantidad de semillas con media de 3,67 para el tratamiento sin inoculación.

Entre los cultivares sobresalió el cultivar N° 1 con mejor performance que el resto de cultivares, con una media de 6,89 semillas por vaina manifestando tener mayor compatibilidad y efectividad reflejada en el rendimiento de grano. Lagos (2011), "ñuñas" el número de granos por vainas obtenidos varió de 5,4 a 3,0, los mismos que corresponden al Testigo y el cultivar CFA-010, respectivamente; con un promedio general de 4,2 granos por vaina. Testigo y los cultivares CFA-027, CFA-002, CFA-005, CFA-026, CFA-014, CFA-003, CFA-013, CFA-011, CFA-017 y CFA-001 presentaron el mayor número de granos por vaina (5,4 a 3,8 granos), sin mostrar diferencias entre ellos. Los cultivares CFA-008, CFA-012, CFA-009, CFA-032, CFA-007, CFA-004, CFA-016, CFA-021, CFA-006 y CFA-010 presentaron el menor número de granos por vaina (3,7 a 3,0 granos), sin que exista

diferencia estadística entre ellos. Rojas (2010), "ñuñas" observó un rango que va desde 5,5 a 3,8 semillas por vaina que corresponden a los cultivares CFA-003 y CFA-004 respectivamente. El Testigo (selección progenis) que es arbustivo, presentó 4,0 semillas por vaina. Enciso (2005), estudió la influencia de la densidad de plantas en asociación de "maíz morado" y "frijol reventón" y obtuvo de 5,15 a 4,57 semillas por vaina en la variedad "Q'osco Poroto".

Estos valores referidos en este trabajo son similares a los reportados por otros autores que nos preceden, a diferencia del cultivar N° 1 que sobresale con mayor valor para el número de grano por vainas.

Peso seco de cien semillas

Se encontró diferencias significativas entre los tratamientos sin inoculación y los tratamientos: con inoculación y los fertilizados con urea, pero no son diferentes entre sí el inoculado y el fertilizado. Sin embargo, para el cultivar N° 1 se encontró que existe diferencias significativas entre tratamientos, indicando que el tratamiento con inoculación con bacterias fijadoras de nitrógeno prevalece sobre los otros tratamientos por manifestar mayor compatibilidad y efectividad reflejada en la ganancia de peso de las semillas para los cuales el peso seco de cien semillas (100) oscila entre 53 y 63 g a diferencia del testigo sin inocular sus pesos oscilan entre 29 y 36 gramos.

Lagos (2011), "ñuñas" refiere el peso seco para 1000 semillas de los cultivares estudiados, varía en promedio de 489,6 a 299,4 gramos los cuales corresponden a los cultivares CFA-002 y CFA-005, respectivamente. Enciso (2005) y Rojas (2010), reportaron valores de 522,6 a 486,2 g y 416,7 a 866,7 g de peso seco de 1000 semillas respectivamente. Los valores obtenidos en el presente trabajo se encuentran dentro de los parámetros esperados para tratamientos donde han utilizado fertilizantes químicos urea, lo que demostraría que la fijación de nitrógeno a través de la simbiosis sería, competitiva, económica y protectora de la ecología en comparación de usos de fertilizantes químicos.

Rendimiento en grano

Al comparar los tratamientos se encontró que no existe diferencias significativas entre los tratamientos con inoculación y el fertilizado con urea pudiendo determinar que el tratamiento con fertilizantes químicos urea puede ser reemplazado por la nutrición orgánica a través de la simbiosis fijación biológica de nitrógeno ya que los resultados demostraron ser similares y eficientes traduciendo estos resultados en buen rendimiento, asimismo, se determinó que el cultivar N° 1 con media para la producción en grano es 5148,11 kg ha^{-1} y con mayor área foliar expandiendo su follaje que lo caracteriza como trepadora, sobre las espalderas, demostró tener mejor performance que el resto de cultivares trabajados; mostrando diferencia con los demás cultivares, en orden decreciente: el cultivar 3 con 3269,45 kg ha^{-1}, el cultivar 4 con 2534,600 y con menor rendimiento el cultivar 2 con 1841,34 kg ha^{-1}.

Lagos (2011), los rendimientos obtenidos para frijol "ñuña" oscilan entre 2561,8 a 850,7 kg ha^{-1}, los cuales corresponden a los cultivares CFA-017 y CFA-006, respectivamente; con un promedio general de 1706,2 kg ha^{-1}. Rojas (2010), reporta que el rendimiento de frijol "ñuña" varía de 5972,2 a 2934 kg ha^{-1}, valores superiores a los obtenidos en el presente trabajo; mientras que Enciso (2005), obtuvo rendimientos con "frijol qosqo poroto" asociado con

"maíz", con un valor de 1620,4 kg ha-1. Tenorio (1993), con "frijol reventon" obtuvo rendimientos que oscilan entre 8783 y 967 kg ha^{-1}. Lezama (2000), para la variedad "frijol bayo", encontró un rendimiento en tratamientos inoculados con *Rizobium* cepa nativa en asociación con *Azospirillum* 3017,12 kg ha^{-1} y con la cepa INTA F66 2889,58 kg ha-1. Nuestros valores se encuentran dentro del rango esperado, solo han sido superados por Rojas (2010), pero nuestros valores máximos de rendimiento superaron a los obtenidos por Lagos (2011) indicando que estas bacterias nos proporcionan una óptima producción, con numerosas ventajas protegiendo la ecología ya que estas bacterias son parte del sistema ecológico no así el uso de fertilizantes químicos.

El mayor rendimiento del tratamiento inoculado con bacterias fijadoras de nitrógeno se ven reflejados en los parámetros de rendimiento más elevados como son: número de vainas por planta, número de semillas por vaina, peso seco de cien semillas, al que se le atribuye a una alta eficiencia fotosintética por mayor disponibilidad de nutrimentos principales para la planta (Bacanamwo & Harper, 1996) como el nitrógeno en concentraciones ideales, porque va permitir la diferenciación y estabilización de los cloroplastos (Larcher, 1995), y como componentes de las enzimas responsables de la fotosíntesis (Mohr & Schopfer, 1995). Como se sabe que la síntesis de proteínas requiere de elementos energéticos para la fabricación de almidón, requiriendo también la movilización de importantes cantidades de nitrógeno (Larcher, 1995), por tal motivo, el movimiento de estos elementos hacia las vainas empobrece los otros órganos (Bruno,1990). Los tratamientos que no recibieron alguna fuente nitrogenada ya sea por inoculación o fertilización con urea difirieron significativamente de los que sí recibieron, al estar disminuida su tasa fotosintética, no fue capaz de producir un nivel equivalente a los otros tratamientos.

Existen una serie de mecanismos que participan en la producción de proteínas entre las que destacan la absorción activa y la traslocación de nitrógeno, procesos metabólicos que proporcionan metabolitos; síntesis de aminoácidos, transcripción y traducción, todas ellas dependientes de ciertas condiciones medio ambientales, entre las que destacan la temperatura (Larcher, 1995); por ello, en plantas sometidas a condiciones de estrés, la síntesis de la proteínas es inhibida y la degradación de proteínas se incrementa.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) por las facilidades y acceso otorgado para la realización de la tesis. Al Dr. Enoc Jara Peña por sus valiosos aportes en el laboratorio. Al Dr. Pedro Pablo Rosales por su apoyo en la parte estadística. Al Magister. Alejandro Camasca Vargas por su asesoría en la labor de campo. Al Ing. Juan Chaupi Cabrera y al Sr. Edmundo Pérez Olagibel por su valiosa colaboración y permitir el acceso a la colección de semillas de "ñuñas".

Literatura citada

Bacanamwo, M. & J. Harper.1996. Regulation of nitrogenase activity in *Bradyrhizobium japonicuml* soybean symbiosis by plant N status as determined by shoot C: N ratio.Munksgaard. Physiologia Plantarum. 98 (2): 529-538.

Ballesteros, M. & A. Lozano. 2010 .Evaluación de la fijación de nitrógeno por cepas de *Rhizobium* que nodulan frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Journal (Revista Colombiana de química), Volumen 23, número 2.

Benedetti, E.; D. Zuñiga & N. Carbajal. 1999. "Variación patogénica de *Colletotrichum lindemuthianum* en viabilidad y efectividad de 10 inoculantes de *Rhi-*

zobium almacenados durante seis meses a 4 ° C. U.N.A.M. Perú.

Bruno, J.1990. Leguminosas alimenticias. Edit. Fraele S. A. Lima, Perú: 68-84.

Carrera, M.; J. M. Sánchez-Yáñez & J. J. Peña-Cabriales. 2004. Nodulación natural en leguminosas silvestres del Estado de Nuevo León. México.

Crisanto, W.1995. Aislamiento de cepas nativas de *Rhizobium phaseoli* con alta capacidad nodulativa en *Phaseolus vulgaris* “frejol”. Tesis UNT. Trujillo: 43.

De Brujin, F. 1994. Regulation of plant genes specifically induced in developing and mature nodules on leguminous plan. Aplicaciones de la biología molecular al estudio de las interacciones entre las plantas y microorganismos (IBBM ed). La Plata Argentina: 10-15.

Dixon, R. & C. Wheeler. 1986. Nitrogen fixation in plants. New York, USA.157 pp.

Dobereiner, J. 1993. Nitrogen fixation in grass-bacteria associations. A Summarize dreview of Recent Progress. Conferencia Brasileira de pesquisas agropecuarias. Rio de Janeiro, Brasil: 1-6.

Enciso, P. 2005. “Influencia de la Densidad de Plantas en Asociación de “Maíz Morado” y “Frijol Reventón” (*Phaseolus Vulgaris*).” Canaán a 2750 msnm. Ayacucho. Tesis Ingeniero Agrónomo UNSCH Ayacucho –Perú.

FAO. 1995. Manual técnico de la fijación del nitrógeno. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. pp: 10-35.

Gamarra, M.; J. Puma; J.; Arana & A. Vidal. 1997. “Qosqo Poroto” INIA, primera variedad de” frijol reventón”, poroto “Ñuña o numia” para los valles interandinos de la Sierra. Boletín divulgativo 1-97. Instituto Nacional de Investigación Agraria, Proyecto regional de fríjol para la zona Andina (INIA-PROFIZA). 17 p. 20L.

Gómez, J. 1979. Fijación Biológica de Nitrógeno Atmosférico en Alfalfa. “Separata del Boletín de Lima” N°1, julio, 1979.

Gómez, A.; G. Hernández; T. Sánchez; V. Toscano & M. Sánchez. 1997. Interacción genotipo de “frijol común” - cepa de *Rhizobium* Estación Experimental “La Renée”. Ap.6. La Habana, Cuba. Presentado en la XLIII Reunión Anual del PCCMCA, Panamá.

Instituto Nacional de Innovación Agraria. INIA-2009-Estación Experimental Agraria Baños del Inca -Cajamarca HOJA DIVULGATIVA N° 6 -2009. La “ñuña” en Cajamarca.

Lagos, F. 2011. Selección y Caracterización de 21 cultivares de frijol “ñuña” (*phaseolus vulgaris* L.) Canaán a 2735 msnm, Ayacucho. Tesis para obtener título profesional de Ingeniero Agrónomo Ayacucho – PERÚ Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, facultad de Ciencias Agrarias.

Larcher, W. 1995. Physiological Plant Ecology. 3° .Ed. Springer .Germany: 506 pp.

Lezama, P. B. 2000. Fijación bilógica de nitrógeno en *Phaseolus vulgaris* L. cultivar bayo promesa “frejol bayo” por *Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli* y *Azospirillum brasilense* Lima UNMSM (Tesis Magister en Botánica Tropical – Mención en Botánica Económica.

Martinez, E. 2001. Poblaciones de Rhizobia nativas de México. Centro de investigación sobre fijación de nitrógeno, UNAM, Ap. postal 565-A Cuernavaca México. Acta zool. (ns). Número especial 1: 29-38.

Mohr, H. & P. Schopfer.1995. Plant Physiology. Edit. Springer. Germani: 6299 pp.

Peña-Cabriales, J.; V. Olalde; C. L. Montoya. 1989. Manual práctico de fijación biológica de nitrógeno. Curso precongreso. 2° Congreso de La Fijación Biológica de Nitrógeno. Guadalajara, México, Peoples. M. B.; Faizah, A. W.; Rerkansen, B; Herridge, D. F. 1989.

Rojas, G. 2010. Caracterización y evaluación de 10 cultivares de frijol “ñuña” (*Phaseolus vulgaris* L.), en Canaán-INIA a 2720 msnm, Ayacucho. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero Agrónomo Ayacucho – Perú 2010 Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, facultad de Ciencias Agrarias.

Tenorio, V. 1993. Evaluación fenológica y fitopatológica de 100 cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris*). Canaán. 2750 msnm. Ayacucho. UNSCH.

Ulloa, A.; P. Rosas; J. Ramírez & B. Ulloa. 2011. El “frijol” (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos Nayarit. Centro de Tecnología de Alimentos, Universidad Autónoma de Nayarit. Revista Fuente Año 3 No. 8 Julio - Septiembre 2011 ISSN 2007 – 0713.

Urzua, H.; J. Rodriguez & H. Silva. 1992. Nutrición nitrogenada en frejol (*Phaseolus vulgaris*) en la zona centro sur de Chile: P. U. C. Chile. Res. XVI RELAR: 5.

ANEXO



Fig. 1. Nodulación del frijol “ñuña”



Fig. 2. Raíces de frijol “ñuña” sin nódulos



Fig. 3. Raíces de frijol "ñuña" con nódulos